



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“

MICROSCALE SCHÜLER- EXPERIMENTE MIT LOW COST EQUIPMENT IM CHEMIEUNTERRICHT III

ID 559

Albrecht Sotriffer



Wien, Juli 2007

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
2 KURZDARSTELLUNG DER EXPERIMENTIERMATERIALIEN	5
2.1 Experimentierset	5
2.2 Handspektroskop	5
2.3 Destillationsapparatur	6
2.4 Gaschromatograph	6
3 VERBREITUNGSFORMEN	7
3.1 Seminare am PIB Wien	7
3.2 Netzwerktag des NAWI Netzwerks Wien	8
3.3 Publikationen in Chemie und Schule	8
4 EVALUATION	9
4.1 Seminare am PIB Wien	9
4.1.1 Befragung unmittelbar nach den Seminaren	9
4.1.2 Befragung am Schuljahresende	10
4.2 Netzwerktag des NAWI Netzwerks Wien	11
4.3 Publikationen in Chemie und Schule	12
5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	13
6 LITERATUR	14
7 ANHANG	15
7.1 Zeitsparende und kostengünstige Schülerexperimente	16
7.2 Flammenfärbung einmal anders	24
7.3 Die Einweg Destillationsapparatur	35

ABSTRACT

Im Verlauf der Vorgängerprojekte wurden eine Reihe von Unterrichtsmaterialien entwickelt, die es ermöglichen mit geringem Aufwand an Geld und Zeit, sowie bei ungünstigen räumlichen Voraussetzungen und großen Klassen Experimente durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollten weiter geführt und einer größeren Verbreitung zugeführt werden. Dies erfolgte im Rahmen von PIB Seminaren, über das NAWI Netzwerk Wien und durch Publikationen in Chemie und Schule. Außerdem wurden die Experimente und Arbeitsvorschriften weiter entwickelt und die Einsatzmöglichkeit verbessert.

Schulstufe: 9,10

Fächer: Angewandte Chemie und Ökologie

Kontaktperson: Albrecht Sottriffer

Kontaktadresse: TGM Wexstrasse 19-23 1200 Wien

1 EINLEITUNG

Die Wichtigkeit von Schülerexperimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht ist mittlerweile weitgehend unumstritten. Dieser Gegebenheit steht entgegen, dass in vielen Fällen die Ausstattung mit Geräten und Räumlichkeiten fehlt und außerdem hohe Klassenschülerzahlen Probleme bei Sicherheit und Kosten (sowohl von Ausstattung als auch von Verbrauchsmaterialien) mit sich bringen. Im Rahmen der Vorgängerprojekte wurden Materialien erarbeitet, die für zahlreiche Bereiche des Chemieunterrichts auch unter den oben geschilderten Umständen einsetzbar sind. Dies ist möglich weil sie

- kostengünstige Apparate verwenden
- kleine Chemikalienmengen einsetzen
- eine hohe Sicherheit bieten
- mit einem geringen laufenden Aufwand verbunden sind

Ziel des vorliegenden Projekts war es, die Ergebnisse der Projekte der letzten beiden Jahre anderen Lehrer/innen in Seminaren und Veröffentlichungen zugänglich zu machen.

2 KURZDARSTELLUNG DER EXPERIMENTIERMATERIALIEN

Die in den letzten Jahren entwickelten und im eigenen Unterricht evaluierten Materialien werden im Folgenden kurz beschreiben. Diese Materialien wurden in den Seminaren und in den Artikeln vorgestellt. Eine genaue Beschreibung des Experimentier-satzes, des Handspektroskops und der Destillationsapparatur ist im Anhang (Entwürfe der Artikel für Chemie und Schule) zu finden.

2.1 Experimentierset

Das Experimentierset, das im ersten Teil dieses Projekts erarbeitet wurde, basiert auf Mikrotiterplatten aus Kunststoff und Einweg Pasteurpipetten.



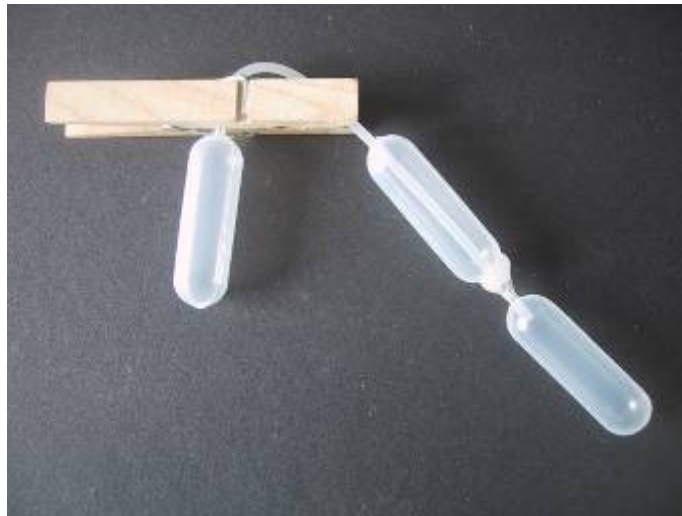
Mithilfe dieses sehr kostengünstigen Experimentiersets kann eine Vielzahl von Schülerexperimenten aus dem Bereich anorganischer und allgemeiner Chemie durchgeführt werden. Es kann sowohl qualitativ als auch quantitativ gearbeitet werden. So wurden beispielsweise Unterrichtseinheiten zu den Themen Stöchiometrie, Säure – Basen Reaktionen, Reaktionsgeschwindigkeit und Wasseranalyse entwickelt.

2.2 Handspektroskop

Das einfachste gebaute Handspektroskop, das zu Kosten von wenigen Cent selbst gebaut werden kann, ermöglicht ein tieferes Verständnis der Flammenfärbung, einem zentralen Experiment im Themenkreis Atombau. Durch die selbständige Betrachtung der Spektrallinien kann der oft schwierige Schritt von Flammenfärbung über Spektrallinien zu Energiedifferenzen und damit zum Schalenaufbau der Elektronenhülle vereinfacht werden.



2.3 Destillationsapparatur



Destillationsapparatur aus Pasteurpipetten

Durch Einsatz einer einfachen, kleinen und billigen (ca. 10 Cent) Destillationsapparatur, wird ein sonst zeit- und materialaufwändiges Demonstrationsexperiment, das von den SchülerInnen als nur mäßig spektakulär empfunden wird, unmittelbar erfass- und begreifbar. Zusätzlich wurden Methoden entwickelt, die es ermöglichen mit einfachen Mitteln den Verlauf der Destillation zu verfolgen.

2.4 Gaschromatograph

Es wurde ein Gaschromatograph entwickelt, der in allen Teilen von den SchülerInnen hergestellt oder zumindest in seiner Funktionalität nachvollzogen werden kann. Durch die Verwendung von Luft als Trägergas, selbst aus Trinkhalmen und beschichtetem Kochsalz hergestellten Säulen und einem einfachen Gassensor als Detektor konnten einerseits die Kosten niedrig gehalten werden ohne die Funktionalität zu beeinträchtigen, andererseits auf den Einsatz von nicht verstandenen black boxes verzichtet werden.



Low cost GC

3 VERBREITUNGSFORMEN

Zur Verbreitung der Ergebnisse der Vorgängerprojekte wurden unterschiedliche Wege eingeschlagen. Neben dem Abhalten von Seminaren am PIB Wien wurde eine Posterpräsentation am Ideenmarkt des NAWI Netzwerks Wien durchgeführt. Weiters wurden einzelne Kapitel in Form von Publikationen in der Zeitschrift Chemie und Schule der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Im Folgenden werden die Erfahrungen in den einzelnen Verbreitungsformen besprochen.

3.1 Seminare am PIB Wien

Am PIB Wien standen zwei Halbtagestermine zur Verfügung. Aufgrund dieser Tatsache konnten nicht alle Bereiche vollständig in den Seminaren behandelt werden.

Ein Seminar widmete sich daher dem Themenbereich Flammenfärbung / Handspektroskop. Bei diesem Seminar wurde mit den Teilnehmern ein Handspektroskop gebaut und praktisch erprobt. Die Teilnahme war eher gering (8 Teilnehmer), im Seminar selbst war aber eine gute Akzeptanz der Inhalte und der Materialien feststellbar.

Das Zweite Seminar war ursprünglich ganztägig ausgeschrieben. Aufgrund von Einsparungen wurde es jedoch auf halbtägig gekürzt, womit das ursprünglich vorgesehene Programm nicht zur Gänze durchgeführt werden konnte. Die Teilnehmerzahl lag bei acht, wobei jedoch Zwei TeilnehmerInnen kurzfristig (am Vorabend) von der Direktion abgemeldet wurden. Ihnen wurde also die Teilnahme untersagt. Bei diesem Seminar lag der Schwerpunkt im Bereich alkoholische Gärung und Destillation im Schülerexperiment, wobei jeder der Teilnehmenden eine Destillationsapparatur baute und erprobte. Zusätzlich wurde der Gaschromatograph demonstriert. Für den ursprünglich vorgesehenen Aufbau blieb aufgrund der Kürzung des Seminars keine Zeit. Auch hier war eine gute Akzeptanz von Inhalten und Materialien feststellbar, wobei die Präferenz eindeutig bei der Destillationsapparatur lag und der GC als zu kompliziert empfunden wurde.



Zusammenbau des Spektroskops



prakt. Erprobung bei der Flammenfärbung

3.2 Netzwerktag des NAWI Netzwerks Wien



Diskussionen am Marktstand am Netzwerktag des NAWI Netzwerks Wien

Am Netzwerktag des NAWI Netzwerks Wien wurden alle Bereiche in Form einer Poster und Materialpräsentation im Rahmen eines Ideenmarkts präsentiert. Das Interesse der Anwesenden Kollegen war extrem groß und es kam zu einer Vielzahl interessanter Gespräche. Ca. 20 Kollegen nahmen eine Visitenkarte mit um zu einem späteren Zeitpunkt Kontakt aufnehmen zu können und sich detailliertes Material zuschicken zu lassen.

3.3 Publikationen in Chemie und Schule

Zu drei der Themenbereiche wurden Publikationen für Chemie und Schule verfasst und zur Veröffentlichung eingeschickt. Ein Artikel widmet sich der Zusammenstellung und den Einsatzmöglichkeiten des Experimentiersets, ein weiterer beschreibt die Destillationsapparatur und ihre Verwendungsmöglichkeiten im Unterricht. Der dritte beschreibt Aufbau und Einsatzmöglichkeiten des Handspektroskops. Diese Artikel sollen ab Herbst erscheinen und sind im Anhang zu finden. Eine weitere Publikation zum Gaschromatographen ist in Arbeit.

4 EVALUATION

Bei jeder der Verbreitungsformen wurden unterschiedliche Erfahrungen gesammelt. Sie erfordern daher auch jeweils andere Evaluationsformen.

4.1 Seminare am PIB Wien

Die Seminare am PIB Wien wurden durch Fragebögen mehrfach evaluiert. Außer der Befragung unmittelbar am Seminarende wurden die Teilnehmer am Ende des Schuljahrs noch einmal angeschrieben und zur konkreten Umsetzung der Inhalte befragt.

4.1.1 Befragung unmittelbar nach den Seminaren

Da die Seminare des PIB in jedem Fall durch einen Fragebogen evaluiert werden wurde kein eigener Fragebogen eingesetzt sondern die Ergebnisse der Befragung durch das PIB ausgewertet.

Folgende Fragen wurden gestellt:

Modul 1 (Flammenfärbung)

	Sehr	Ja	Wenig	nicht	k.A.
Die Veranstaltung war insgesamt gelungen	7	1			
Arbeitsbelastung und Tempo waren im Schnitt gerade richtig	7	1			
Veranstaltung sorgte für eine gute Organisation					
Arbeitsräume waren für die Veranstaltung geeignet	3	5			
Der Lehrbeauftragte					
War fachlich kompetent	8				
War methodisch didaktisch kompetent	8				
Arbeitsunterlagen sind als brauchbare Unterstützung geeignet	7	1			
Inhalte sind für meine schulische Arbeit verwertbar	5	3			

Modul 2 (Gärung, Destillation, GC)

	Sehr	Ja	Wenig	nicht	k.A.
Die Veranstaltung war insgesamt gelungen	7	1			
Arbeitsbelastung und Tempo waren im Schnitt gerade richtig	5	3			
Veranstaltung sorgte für eine gute Organisation					
Arbeitsräume waren für die Veranstaltung geeignet	3	3			2
Der Lehrbeauftragte					
War fachlich kompetent	8				
War methodisch didaktisch kompetent	8				
Arbeitsunterlagen sind als brauchbare Unterstützung geeignet	4				4
Inhalte sind für meine schulische Arbeit verwertbar	4	2	2		

Unter dem Punkt Anmerkungen kam folgendes Statement:

„Ich habe noch nie zuvor so direkt verwertbare Ideen für meinen Unterricht erhalten! Herzlichen Dank für das gelungene Seminar.“

Der wichtigste Punkt unter allen Fragen ist wahrscheinlich die Frage nach der Verwertbarkeit in der schulischen Arbeit. Hier waren die Bewertungen durch die TeilnehmerInnen insgesamt zufrieden stellend. Bei beiden Modulen ist für die große Mehrheit der Teilnehmer die Verwertbarkeit der Inhalte sehr gegeben oder gegeben. Erwartungsgemäß ist die Bewertung für das Modul 1 (Flammenfärbung) (5 x sehr und 3 x Ja) besser als für Das Modul 2 (Destillation und GC) (4 x Sehr 2 x Ja und 2x wenig).

Der Grund dafür dürfte darin liegen, dass das Thema Spektrallinien und Flammenfärbung im Regelunterricht gut verankert ist und im Rahmen einer kompakten Unterrichtseinheit abgehandelt werden kann. Hier wurde nur eine Ergänzung zu bewährtem angeboten. Während die Destillation ebenfalls noch leicht umsetzbar ist stellt der Bau eines Gaschromatographen mit den Schülern – oder auch nur der Einsatz im Schülerexperiment ein vergleichsweise aufwändiges Projekt dar. Weiters konnte aufgrund der knappen Zeit in diesem Bereich eigentlich nur ein Hineinschnuppern geboten werden.

Unter diesen Rahmenbedingungen kann also die Bewertung als durchaus zufrieden stellend empfunden werden.

4.1.2 Befragung am Schuljahresende

Um zu erfassen, in welchem Ausmaß die Inhalte der Seminare tatsächlich umgesetzt wurden, wurden die TeilnehmerInnen im Juni nochmals per E-Mail kontaktiert. Zu beiden Modulen getrennt befragt.

Insgesamt wurden 12 TeilnehmerInnen kontaktiert. Zwei E-Mail Adressen waren entweder geändert oder inkorrekt, das heißt 10 TeilnehmerInnen wurden von der Umfrage erreicht. Der Rücklauf war vergleichsweise enttäuschend. Nur 4 TeilnehmerInnen schickten den Fragebogen zurück.

Zum ersten Modul (Flammenfärbung) gibt es zwei Rückmeldungen

Frage	1 (weitgeh.)	2	3	4	5 (keine)
1) Wurden Inhalte des Seminars in ihrem Unterricht umgesetzt?		1	1		
2) Werden diese Inhalte in den Regelunterricht einfließen?	ja	1			
3) Planen Sie Inhalte des Seminars in Zukunft umzusetzen?		2			
4) Wären Sie an ähnlichen Inhalten in Zukunft interessiert?	2				
5) Welche Bereiche wurden umgesetzt?	Spektren, Handspektroskop wurde gebaut				
6) Falls keine Inhalte umgesetzt wurden, was waren die Gründe dafür?					
7) Was könnte eine Umsetzung der Inhalte erleichtern?					

Zum zweiten Modul (Destillation und GC) gibt es drei Rückmeldungen

Frage	1 (weitgeh.)	2	3	4	5 (keine)
1) Wurden Inhalte des Seminars in ihrem Unterricht umgesetzt?			1	1	1
2) Werden diese Inhalte in den Regelunterricht einfließen?	ja	1	1		
3) Planen Sie Inhalte des Seminars in Zukunft umzusetzen?	ja		2		
4) Wären Sie an ähnlichen Inhalten in Zukunft interessiert?	1 Ja ähnl. Dest.		1		
5) Welche Bereiche wurden umgesetzt?	Anregungen zu Gärung und Dest. GC in Zukunft vielleicht in Wahlpflichtfach Destillationsapparatur Dichtebestimmung				
6) Falls keine Inhalte umgesetzt wurden, was waren die Gründe dafür?	Material noch nicht besorgt; bislang keine entspr. Klassen; zu kompliziert (GC)				
7) Was könnte eine Umsetzung der Inhalte erleichtern?	Ausführlichere Arbeitsunterlagen, Handouts Gemeinsame Herstellung von Material				

Wie schon bei der Bewertung unmittelbar nach dem Seminar zeigt sich die zu erwartenden einfachere Umsetzbarkeit der weniger aufwendigen Bereiche Flammenfärbung und Destillation. Es zeigt sich allerdings auch, dass die Beschaffung von – in der Schule nicht vorhandenem - Material ein Problem darstellt, das zum Hemmnis bei der Umsetzung werden kann. Gerade bei komplexeren Experimenten ist wahrscheinlich die gemeinsame Herstellung der Materialien unumgänglich.

4.2 Netzwerktag des NAWI Netzwerks Wien

Die Evaluation einer Präsentation im Rahmen eines Ideenmarkts ist schwieriger und muss auch subjektiver bleiben. Der Grad der Auseinandersetzung mit dem Gezeigten ist auch aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Zeit niedriger. Es können also höchstens einzelne Impulse vermittelt werden.

Generell kann gesagt werden, dass das Interesse sehr groß war und eine ganze Reihe von interessanten Diskussionen geführt werden konnten. Quantifizieren lässt sich das Interesse auch dadurch, dass innerhalb einer zur Verfügung stehenden Stunde ca. 20 Kollegen eine Visitkarte mitnahmen, um weitergehende, detailliertere Informationen anzufordern.

Die Überraschung kam in den folgenden Wochen, als sich herausstellte, dass kein(e) einzige(r) Kollege/in tatsächlich auch weitergehendes Material per E-Mail anforderte.

Dies zeigt auch, dass offensichtlich der Tiefgang bei Veranstaltungen dieser Art zu wünschen übrig lässt. Von einer nachhaltigen Wirkung kann also nicht gesprochen werden, wenn auch die Breitenwirkung ungleich höher ist.

4.3 Publikationen in Chemie und Schule

Die Publikationen in "Chemie und Schule" sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht erschienen. Es ist aufgrund der hohen Zahl von Lesern mit einer unvergleichlich höheren Breitenwirkung zu rechnen. Eine abschließende Aussage kann aber nicht getroffen werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Aus den Erfahrungen dieses Jahres können Schlüsse gezogen werden, welche Art der Verbreitung am geeignetsten ist, um eine nachhaltige Wirkung – d.h. eine Umsetzung im Unterricht zu erzielen.

Niederschwellige Veranstaltungen – wie zum Beispiel der NAWI Netzwerktag – sind gut geeignet um Interesse zu wecken. Damit dieses Interesse jedoch nicht verpufft bedarf es allerdings weiterer Anstöße.

Der Umsetzungsgrad nach Seminaren ist – aufgrund der intensiveren Auseinandersetzung – ungleich höher.

Das heißt für die Zukunft, dass ein maximaler Umsetzungsgrad von Innovationen wahrscheinlich erreicht werden kann, wenn niederschwellige Veranstaltungen und Publikationen als „Werbeveranstaltungen“ für Seminare genutzt werden, die möglichst bald darauf folgen sollten. In jedem Fall müssen die Interessenten auch die Möglichkeit bekommen, die benötigten Materialien mit geringem Aufwand zu beschaffen, da sich auch das als Hemmnis für die Umsetzung im Alltag erwiesen hat. Welchen Effekt die Publikation in einer unter dem Zielpublikum sehr verbreiteten Zeitschrift im Vergleich dazu hat ist eine Frage, die sich erst im Verlauf des nächsten Jahres beantworten lässt.

6 LITERATUR

A. SOTRIFTER; A. REINDL (2005). Microscale Schülerexperimente mit low cost equipment Abschlussbericht IMST Projekt 2004/05

http://imst.uni-klu.ac.at/programme_prinzipien/fonds/projektberichte05-07/s5/200405/endbericht_sotriffer.pdf (4.7.2007)

A. SOTRIFTER; (2006). Microscale Schülerexperimente mit low cost equipment II Abschlussbericht IMST Projekt 2005/06

http://imst.uni-klu.ac.at/programme_prinzipien/fonds/projektberichte05-07/s5/200506/Langfassung_Sotriffer.pdf (4.7.2007)

7 ANHANG

Im Anhang findet sich der Text der drei Publikationen für Chemie und Schule.

7.1 Zeitsparende und kostengünstige Schülerexperimente

In einem zeitgemäßen Chemieunterricht sollte auch Platz für Schülerexperimente sein. Gerade Chemie lebt – wie kaum ein anderes Fach – von der Anschauung und dem unmittelbaren Erleben der Phänomene. Diese können aber nur durch das Schülerexperiment unmittelbar „begreifbar“ gemacht werden.

Jeder der Schülerexperimente durchgeführt hat weiß, was für ein Aufwand mit der Durchführung verbunden ist. Hohe Klassenschülerzahlen führen zu einem erheblichen Mittelbedarf für Geräte und Chemikalien, ebenso steigt der Zeitaufwand für Vor- und Nachbereitung. Nicht unproblematisch ist auch der Sicherheitsaspekt bei derzeit üblichen LehrerInnen : SchülerInnenverhältnissen von 1:20 bis 1:36. Änderungen der Rahmenbedingungen (mehr Geld, mehr Platz, mehr LehrerInnen) sind wünschenswert, aber kaum realistisch. Es ist daher notwendig Möglichkeiten zu schaffen, unter denen SchülerInnen unter derzeitigen Bedingungen experimentieren können.

Viele der oben angeführten Probleme lassen sich durch eine Experimentierausstattung basierend auf Mikrotiterplatten und anderen kostengünstigen Kunststoffartikeln weitgehend entschärfen. International liegen eine Reihe von Erfahrungen mit derartigen Experimentiersystemen vor, die jedoch hauptsächlich im universitären Bereich eingesetzt werden.^{1,2,3,4} Ein solches Experimentierset wurde im Rahmen eines MNI Fonds Projekts zusammengestellt, den Bedürfnissen des Schulbetriebs angepasst und in der Praxis erprobt.⁵



Abb. 1 Experimentierset

¹ dwb.unl.edu/chemistry/MicroScale/MScale00.html zuletzt besucht am 16.1.07

² J.D.Bradley; Pure Appl.Chem., Vol.71, No. 5, pp. 817-823, 1999

³ Hermes.wits.ac.za/radical zuletzt besucht am 16.1.07

⁴ Stephen Thompson: Chemtrek: small scale experiments for general chemistry , prentice hall 1990

⁵ imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/239_endbericht_sotriffer.pdf zuletzt besucht am 16.1.07

Basisaustattung		Erweiterung	
Mikrotiterplatte 96 (klein)	1	Filmdose schwarz	1
Mikrotiterplatte 24 m.D. (groß)	1	<i>Inhalt:</i>	
Pasteurpipetten PE	4	LED rot	1
Schutzbrille	1	Photowiderstand	1
Wäschekluppe Holz	1		
Schere 13,5cm	1	Kunststoffdose	1
Trinkhalm Ø 7mm	5	<i>Inhalt:</i>	
Kunststoffglas V = 2cl	1	Multimeter	1
Filmdose weiß	1	Krokokabel	5
Edelstahldraht	1	Batterie 9V	1
Petrischale Kunststoff m.D.	1	Batterieclip 9V	1
Zahnstocher Kunststoff	1		

Tab. 1 Inhalt des Experimentiersets

Einsatzmöglichkeiten der einzelnen Teile

Basis und Herzstück dieses Experimentiersets bilden die Mikrotiterplatten und die Kunststoffpasteurpipetten.

Mikrotiterplatte 96

In dieser Mikrotiterplatte gibt es 96 Gefäße mit ca. 0,3ml Inhalt. Sie haben einen flachen, transparenten Boden, der – wenn er über einer weißen Fläche steht – die Beurteilung von Farben erleichtert. Es stehen also 96 Reaktionsgefäße zur Verfügung, welche die Durchführung einer großen Zahl von Reaktionen erlauben. Versuche lassen sich dadurch auch ohne zeitraubende Reinigungsvorgänge wiederholen, die Ergebnisse von vielen Versuchen können unmittelbar miteinander verglichen werden. Die Platten sind in Reihen und Spalten mit Buchstaben und Zahlen beschriftet, es kann daher jedes Gefäß eindeutig beschrieben werden (analog zu Positionen am Schachbrett).



Abb. 2 Mikrotiterplatte 96

Sicherheitstechnisch ergibt sich eine Reihe von Vorteilen:

- Keine Bruchgefahr und keine Gefahr von Schnittverletzungen durch Scherben.
- Geringe Chemikalienmengen reduzieren das Gefährdungspotential
- Kein Verschütten durch Umkippen, da die Standfestigkeit sehr hoch ist und auch ein Umkippen nicht zum Ausfließen des Inhalts führt. (Die Platten können ohne Verschütten auf den Kopf gestellt werden)

Die Platte ist weiters als Basis für Stativkonstruktionen auf der Basis von → Trinkhalmen geeignet.

Mikrotiterplatte 24

Diese Platte kann als Sammlung von Reaktionsgefäßen zum Einsatz kommen, wenn das Volumen der kleineren Platten nicht ausreicht. Im Gegensatz zu der Mikrotiterplatte 96, deren Behälter ein Volumen von ca. 0,3ml haben steht hier ein Volumen von ca. 3ml – also das zehnfache – zur Verfügung.

Außer als Reaktionsgefäß lassen sich diese Platten vielfältig einsetzen. („Tablets“ zur Chemikalienlogistik, Fraktionssammler, Lösebehälter etc.)

Pasteurpipette PE

Die Pasteurpipetten aus Polyethylen sind extrem vielseitige Werkzeuge. Mit wenigen Handgriffen sind sie so weit modifizierbar, dass einerseits die Tropfengröße kleiner, andererseits auch reproduzierbarer wird. Bei sorgfältigem Arbeiten ist die Tropfengröße von etwa 0,013ml auf ca. 3-5% konstant. Dies ist ausreichend genau, um auch quantitative Fragestellungen zu bearbeiten.



Abb. 3 Modifikation der Pipette:

- 1) der Hals wird gedehnt bis eine Einschnürung entsteht. Diese Einschnürung hat - mit kleinen Schwankungen – immer denselben Durchmesser
- 2) Im Bereich der Einschnürung wird die Pipette abgetrennt. Der so erhaltene dünnere Hals liefert kleinere und besser reproduzierbare Tropfen
- 3) Vom Rest des Halses kann ein Stück abgeschnitten und auf einer Seite zugeschweißt werden. Dieser Teil kann nun als Verschluss verwendet werden.

Weiters können die Pipetten als Reaktions und Mischbehälter verwendet werden. Zur Probenahme von Wasserproben sind sie ebenfalls sehr gut geeignet, da sie durch Verschweißen leicht – und absolut dicht - verschließbar sind.

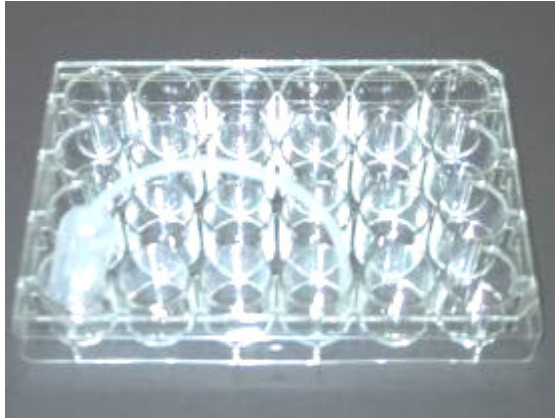


Abb. 4 Reaktionsbehälter mit Gaseinleitung



Abb. 5 Probenahmebehälter

Eine ganz zentrale Rolle nehmen die Pipetten bei der Chemikalienlogistik ein.

Da die eingesetzten Lösungen üblicherweise nur in Tropfenmengen verbraucht werden, ist das Fassungsvermögen von ca. 4 ml für mehrere Versuchsreihen ausreichend. Mit einem – mit wenigen Handgriffen herstellbaren – Deckel eignen sich die Pipetten daher auch zur Ausgabe und Vorratshaltung der Chemikalien. Sie müssen zu diesem Zweck nur noch etikettiert werden. Die Mikrotiterplatte 24 eignet sich dabei hervorragend als Ständer bzw. Tablett zur Aufbewahrung und zum Transport.



Abb. 6 Mikrotiterplatte 24 als Chemikaliensortiment mit Pipettenflaschen

Trinkhalme

Die Trinkhalme sind ein ebenfalls extrem vielseitig einsetzbares Material. Schräg abgeschnitten dienen sie als kostengünstige Einmalspatel. Da sie exakt und fest sitzend in die Mikrotiterplatten 96 passen, können damit auch Stativkonstruktionen realisiert werden. Mit einer passenden Lochstanze (z.B. Fiskars Hand Motivstanze Kreis Ø 6,35mm) lassen sich auch zahlreiche weitere Apparaturen bauen, wie zum Beispiel eine Chlor Alkali Elektrolyse Apparatur, Chromatographiesäulen etc.



Abb. 7 Stativ + Chromatographiesäule Abb. 8 Chlor Alkali Elektrolyse

Die restlichen Teile finden Einsatz als Behälter (Deionat, Abwasser...) als Rührer (Zahnstocher), Stativmaterial (Wäscheklammer, Trinkhalme), in der Flammenfärbung (Edelstahldraht), als Untersetzter oder als abgeschlossene Kammer für Gasreaktionen (Petrischale).

Erweiterung:

Die Erweiterung des Experimentiersets um Multimeter, Spannungsquelle, LED, Temperatursensor und Photowiderstand ermöglicht die Erweiterung des Einsatzbereichs in die Elektrochemie, sowie den Bau eines einfachsten Photometers.

Vorgangsweise :

Es wurde meist in Doppelstunden gearbeitet. Die SchülerInnen wurden in Gruppen zu je 4 zusammengesetzt, was auf der einen Seite die gemeinsame Nutzung zusätzlicher Ausrüstung wie Brenner, Deionatflasche und der ausgegebenen Chemikalien ermöglicht, andererseits auch die gegenseitige Unterstützung bei den praktischen Arbeiten ermöglicht. Die Verwendung von Schutzbrillen ist obligatorisch und die Einhaltung der Tragevorschriften muss laufend überwacht werden. Die Arbeitsvorschriften wurden in Form von Arbeitsblättern schriftlich ausgegeben. Jeder Schüler/jede Schülerin erhält ein eigenes Experimentierset. Chemikalien wurden meist in Kunststoffpipetten – wie oben beschrieben – ausgegeben. Die Vorbereitungszeit nimmt ca. 10 min. in Anspruch. (Diese Zeit reduziert sich bei häufigerem experimenteller Arbeiten). Die Reinigung ist ebenfalls in relativ kurzer Zeit erledigt (15-20min.) so dass ausreichend Zeit für ein umfassendes Experimentierprogramm und für eine Nachbesprechung der Beobachtungen bleibt.

Anwendungsbeispiele:

Mit dieser Ausstattung ist eine Reihe von Experimenten aus dem Bereich der anorganischen und allgemeinen Chemie durchführbar. Man ist nicht auf qualitatives Arbeiten beschränkt, sondern infolge der guten Konstanz der Tropfengröße der modifizierten Pipetten ist auch quantitatives Arbeiten (z.B. Titrationen) möglich. (Volumenmessung durch Tropfenzählen).

Stöchiometrie

Anhand der Reaktion $\text{CoCl}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Co(OH)}_2 + 2 \text{NaCl}$ soll erfahren werden, wie man zur Formel einer Verbindung kommt, bzw. wie man feststellen kann, in welchem Molverhältnis zwei Stoffe reagieren. Man lässt dabei Lösungen von CoCl_2 und NaOH mit bekannter Konzentration (0,1 mol/l) in unterschiedlichen Verhältnissen reagieren. Beobachtet wird dabei einerseits die Menge an gebildetem

Feststoff, andererseits lässt sich ein Überschuss von CoCl_2 durch Ammoniumrhodanid nachweisen, ein Überschuss von NaOH durch Phenolphthalein.

Flammenfärbung

Neben der klassischen Flammenfärbung lassen sich mithilfe eines Handspektroskops die Spektrallinien beobachten und nach einer Kalibrierung z.B. mit den bekannten Wellenlängen einer Leuchtstoffröhre auch die Wellenlängen abschätzen.

Reaktionskinetik

Anhand der Thiosulfat Salzsäure Reaktion lässt sich die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von Konzentration und Temperatur gut demonstrieren. Alternativ kann auch zum Beispiel die Landolt'sche Zeitreaktion (Ioduhr) eingesetzt werden.

Säure Basen Reaktionen

Der Begriff pH Wert wird anhand einer Reihe von alltäglich vorkommenden Stoffen eingeführt und auf Basis von Universalindikator und Blaukrautsaft eine pH Skala erarbeitet. Durch Verdünnungsversuche soll der logarithmische Charakter des pH Wertes verdeutlicht werden. In einer vereinfachten Titration wird der pH Verlauf beobachtet.

Elektrochemische Spannungsreihe

In den einzelnen Reaktionskammern werden Halbelemente aufgebaut. Ein mit KNO_3 Lösung getränktes, zugeschnittenes Filterpapier dient als Stromschlüssel. Mit dem Multimeter werden Spannungen gemessen. Anhand der Messergebnisse soll eine Reihung entstehen.

Elektrolyse

Chlor Alkali Elektrolyse in einer Trinkhalmapparatur. In dieser Kleinstapparatur entstehen nur unproblematische Mengen an Chlor, die mit z.B. Iod/Stärkepapier nachgewiesen werden können. Die Bildung von NaOH kann durch Phenolphthalein nachgewiesen werden. Die Versuchsdauer ist extrem kurz und die Apparatur kann von jedem Schüler gebaut werden.

Wasser

Analyse von Wasserinhaltsstoffen durch Farbreaktionen (z.B. Nitrit/Nitrat)

Luft

Modellversuche zur Atmosphärenchemie (z.B. Reaktion von SO_2 bzw. NO_x mit Wassertropfen bzw. H_2O_2) in einer geschlossenen Petrischale (Saurer Regen)

Praktische Erfahrungen

Drei Vorteile stechen bei der Durchführung von Schülerexperimenten mit Mikrotiterplatten besonders hervor: Erstens die geringen Kosten und zweitens der geringe laufende Arbeitsaufwand. Als dritter und eminent wichtiger Punkt ist der Sicherheitsaspekt zu erwähnen. Geringe Chemikalienmengen, Verzicht auf Glasgeräte und sorgfältig ausgewählte Experimente führen zu einer extrem hohen Sicherheit, ohne die das Arbeiten mit hohen Schülerzahlen unverantwortlich wäre.

Die Kosten für ein Experimentierset liegen bei ca. 20€/SchülerIn. Die Experimentiersets sind über viele Jahre einsetzbar. Der Chemikalienverbrauch ist durch den Einsatz von Kleinstmengen (meist nur Tropfen) überaus gering. Es wird auch bei großen Klassen für das Schülerexperiment selten mehr verbraucht als für ein einziges Demonstrationsexperiment. Die hohe Genauigkeit teurer gekaufter Maßlösungen ist nicht erforderlich, da das Tropfenzählen zu einer Diskretisierung führt, was eine gewisse Fehlertoleranz bewirkt.

Der Arbeitsaufwand beschränkt sich im laufenden Betrieb im Wesentlichen auf das Nachfüllen der Lösungen. Das hin und wieder nötige Ergänzen der Sets kann während der praktischen Arbeit nach Bedarf erfolgen. Die Zeit in der Pause reicht völlig aus, um in der nächsten Stunde mit einer Parallelklasse den nächsten Durchgang zu starten.



Abb. 9 Klasse beim Experimentieren

Zusammenfassend kann man sagen, dass es auf diese Art möglich ist, auch unter nicht idealen Bedingungen anspruchsvolle Schülerexperimente durchzuführen. Das obige Bild zeigt eine Klasse beim konzentrierten Arbeiten. Es wird ein Aufmerksamkeitsniveau erreicht, das sonst nur schwer erreichbar ist und es kann auch der einzelne Schüler/ die einzelne Schülerin mit seinen Problemen individuell betreut werden. In den wenigen Minuten die dann für den Einzelnen zur Verfügung stehen kann unter Umständen mehr erreicht werden, als sonst in mehreren Stunden.

Bezugsquellen / Kosten:

Inhalt	St	Quelle	Best. Nr.	Preis	Summe
Mikrotiterplatte 96 (klein)	1	vwr	391-1925	0,81	0,81
Mikrotiterplatte 24 m.D. (groß)	1	vwr	391-3370	1,97	1,97
Pasteurpipetten PE	4	vwr	612-1755	0,03	0,12
Schutzbrille	1	bauhaus		4,90	4,90
Wäschekluppe Holz	1	Baumax		0,11	0,11

Schere 13,5cm	1	Papier		0,69	0,69
Trinkhalm Ø 7mm	5	Metro		0,004	0,02
Kunststoffglas V = 2cl	1	Metro		0,04	0,04
Filmdose weiß	1	Fotohandel		0	0
Edelstahldrahtöse	1	Bauhaus		0,04	0,04
Petrischale Kunststoff m.D.	1	vwr	391-0877	0,08	0,08
Zahnstocher Kunststoff	1	Merkur		0,01	0,01
Filmdose schwarz	1	Fotohandel		0	0
LED rot	1	conrad	184543-62	0,06	0,06
Photowiderstand	1	conrad	183563-13	1,16	1,16
Kunststoffdose	1	Merkur		1,00	1,00
Multimeter	1	conrad	122242-62	4,46	4,46
Krokokabel	5	conrad	730408-62	0,28	1,40
Batterie 9V	1			1,00	1,00
Batterieclip 9V	1	conrad	490660-62	0,08	0,08
Summe					17,91

Tab. 2: Bezugsquellen

Die hier angeführten Preise sind Listenpreise. (Stand 16.1.07) Der Preis für ein Experimentierset kann also unter 20€ gehalten werden.

Die für den Bau von Apparaturen aus Trinkhalmen benötigte Lochstanze ist bei Udig zu beziehen und kostet €5,95. Sie ist aber keinesfalls für alle Schüler notwendig.

Internetadressen der wichtigsten Bezugsquellen:

www.vwr.at; www.conrad.at; www.udig.de;

7.2 Flammenfärbung einmal anders

Der Selbstbau und Einsatz eines Handspektroskops

Wo liegen die Probleme beim Verständnis der Flammenfärbung?

Die Flammenfärbung ist ein populäres und häufig im Chemieunterricht eingesetztes Experiment und das aus einer ganzen Reihe von Gründen:

Es ist im Bereich des Atombaus einer der wenigen im Unterricht durchführbaren Experimente und die Faszination der verschiedenfarbigen Flammen ist offensichtlich für fast jeden gegeben.

Das Problem dieses Experiments liegt jedoch darin, dass ein tiefer gehendes Verständnis des Gesehenen eine ganze Kette von Abstraktionen erfordert, die vor allem für Jugendliche nicht leicht nachvollziehbar ist.

Folgende Schritte müssen nachvollzogen werden, um einen Konnex zwischen Flammenfärbung und Aufbau der Elektronenhülle zu ziehen:

Farbe → Wellenlänge → Spektrallinie → Energie → Energiedifferenz der Schalen → Aufbau der Elektronenhülle

Diese zahlreichen Schritte nachzuvollziehen überfordert die meisten SchülerInnen zunächst. Es wurde also nach Möglichkeiten gesucht, diese Zwischenschritte zu veranschaulichen und so zu einem tiefer gehenden Verständnis zu kommen.

Zusammenhang Farbe, Wellenlänge und Spektrallinie

Um den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Farbe zu verstehen ist das Betrachten der Spektren sinnvoll. Diese werden sich am einfachsten mit Handspektroskopen erfahrbar gemacht.

Die kommerziell erhältlichen Spektroskope sind entweder so teuer, dass eine Anschaffung im Klassensatz oder ähnlicher Stückzahl undenkbar erscheint⁶, oder haben eine so schlechte Auflösung, dass Spektrallinien im besten Fall nur erahnt werden können⁷. Aus diesem Grund wurde ein Spektroskop konstruiert, das mit einem Kostenaufwand von nur wenigen Cent gemeinsam mit den SchülerInnen gebaut werden kann.

Konstruktion eines einfachen Spektroskops

Herzstück des Spektroskops ist eine holographische Gitterfolie, mit 500 Linien/mm, die kostengünstig erhältlich ist⁸. Betrachtet man durch diese einen Spalt, hinter dem eine Lichtquelle ist, so sieht man rechts und links davon das Spektrum. Die Liniendichte ist so gewählt, dass sich Spektren erster und höherer Ordnung nicht überlagern und man aber auch das Spektrum beobachten kann ohne den Spalt völlig aus dem Gesichtsfeld zu verlieren.

⁶ http://www.conatex.com/shop/product_info.php?products_id=954

⁷ http://www.conatex.com/shop/product_info.php?products_id=951

⁸ <http://www.edmundoptics.com/onlinecatalog/displayproduct.cfm?productID=1490>

Für die Konstruktion eines Spektroskops sind folgende Zusammenhänge ausschlaggebend:

$$n \cdot \lambda = d \cdot \sin(\theta)$$

(n Beugungsordnung, λ Wellenlänge, d Gitterabstand, θ Beugungswinkel)

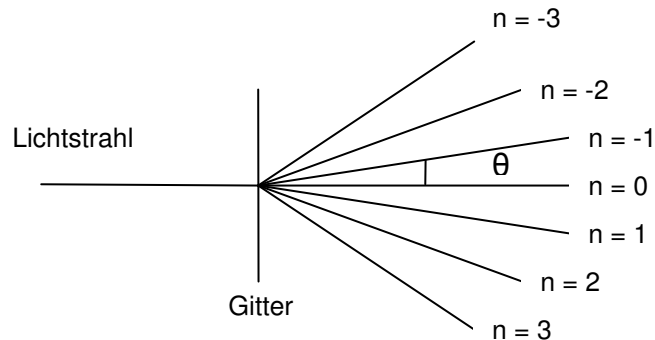
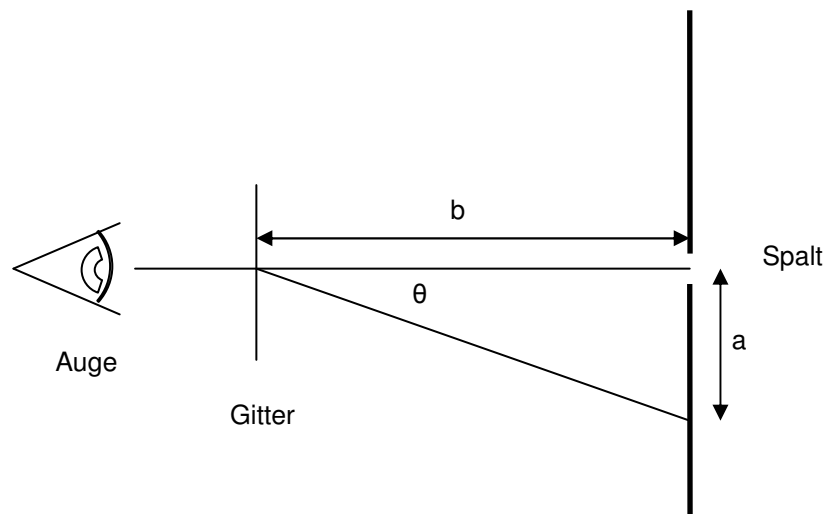


Abb. 1 Beugung am Transmissionsgitter

Betrachtet man nun einen Spalt durch ein solches Gitter, so erscheint ein Licht einer bestimmten Wellenlänge an folgender Position:



$$\sin(\vartheta) = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{n\lambda}{d}$$

$$a = \sqrt{\frac{b^2 \sin^2 \vartheta}{1 - \sin^2 \vartheta}}$$

Abb. 2 Quantitative Zusammenhänge bei der Beugung an einem Transmissionsgitter.

daraus folgt z.B. bei einem Gitterabstand von 0,002mm (500 Linien /mm), einer Wellenlänge von z.B. 600 nm und $b = 10\text{cm}$ für das Spektrum erster Ordnung:

Licht der Wellenlänge von 600nm erscheint also 3,14cm neben dem Spalt.

Das gesamte sichtbare Spektrum (400-800nm) erstreckt sich bei dieser Dimensionierung auf einen Bereich von 2,04-4,36 cm neben dem Spalt.

Daraus folgt: Alles was für ein einfaches Spektroskop benötigt wird ist eine lichtundurchlässige Schachtel bekannter Dimension, in der auf der einen Seite ein Spalt angebracht wird, und auf der anderen Seite das Gitter parallel zum Spalt ausgerichtet auf einer weiteren Öffnung montiert wird. Zur Abschätzung der Wellenlängen sind geeignete Markierungen neben dem Spalt erforderlich, deren Abstand sich nach obigen Betrachtungen einfach errechnen lässt.

Aufbau des Spektroskops



Abb. 3 Materialien für das Handspektroskop

Die beiliegende Kopiervorlage wird auf einen Karton von ca. 200g/m² kopiert. Sie wird entlang der Umrisse ausgeschnitten.

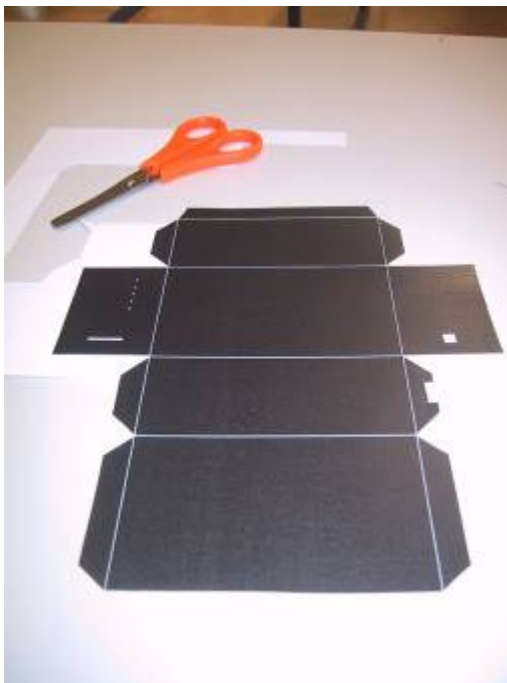


Abb. 4,5: Ausschneiden der Form

Das quadratische Loch (Gitter) wird ebenso wie der Spalt mit einem Papiermesser ausgeschnitten. Die Breite des Spalts sollte ca. bei 1mm liegen. Daraus ergeben sich eine Auflösung von ca. 20nm (ausreichend für das Erkennen von Spektrallinien) und eine ausreichende Lichtstärke. Im Zweifelsfall

kann breiter geschnitten werden, da der Spalt mit schwarzem Isolierband problemlos verkleinert werden kann.

Entlang der hellen Linien wird eine Schachtel gefaltet, die an allen Seiten bis auf die Seite des Gitters (kleines quadratisches Loch) verklebt wird.

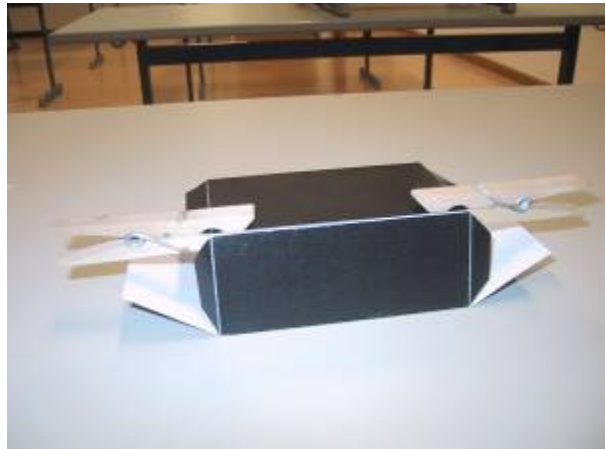
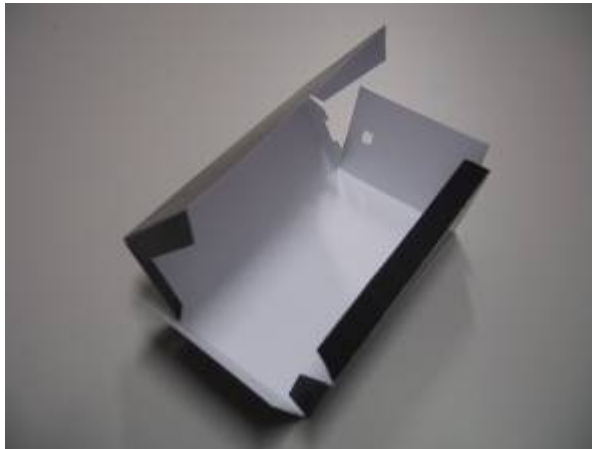


Abb. 6 und 7 Falten und Verkleben der Schachtel

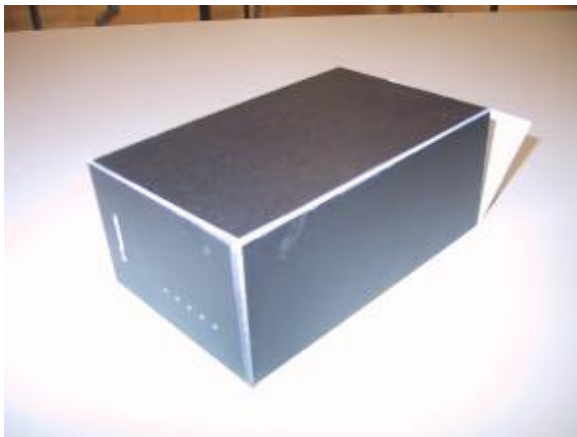


Abb. 8 die Seite des Gitterfensters bleibt offen



Abb. 9 provisorisches Fixieren der Gitterfolie

Dabei muss – um eine lichtdichte Schachtel zu bekommen - sauber gearbeitet werden (allerdings können auch hier auftretende Probleme mit schwarzem Isolierband gelöst werden). Ein ca. 1x1 cm großes Stück der Gitterfolie wird nun mit einem Stück Klebeband provisorisch auf der Innenseite am quadratischen Loch angebracht. Nun kann – nach dem Zusammenklappen der Schachtel - die Position des Gitters durch Betrachten des Spektrums z. B. von Tageslicht überprüft werden.

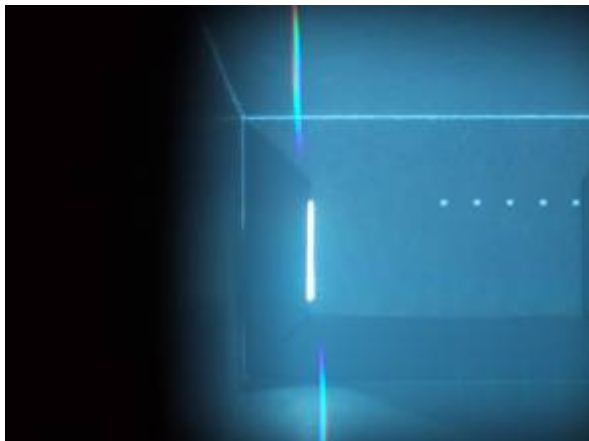


Abb. 10 falsche Position des Gitters, es muss um ca. 90° gedreht werden

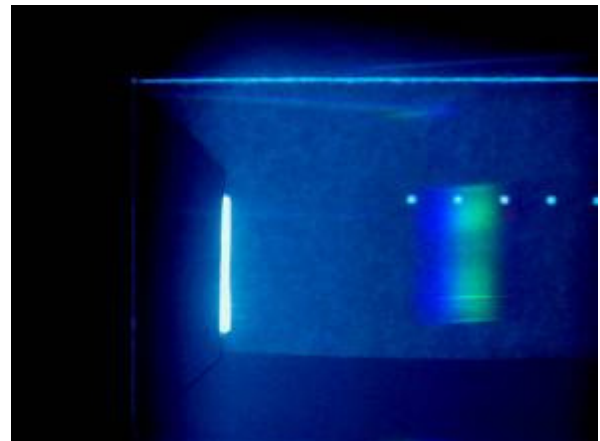


Abb. 11 fast richtige Position des Gitters

Hält man das Spektroskop so, dass das quadratische Loch auf der Linken Seite ist – so sollte das Spektrum unter den Wellenlängenmarkierungen sichtbar sein, wenn man den Spalt durch das quadratische Loch betrachtet. Wenn dies nicht der Fall ist und ein Spektrum z.B. oder bzw. unterhalb des Spalts erscheint, muss das Gitter gedreht werden. Nachdem das Gitter in die richtige Position gebracht wurde wird es endgültig fixiert und die Schachtel kann vollständig verklebt werden.



Abb. 12 Fixieren des Gitters

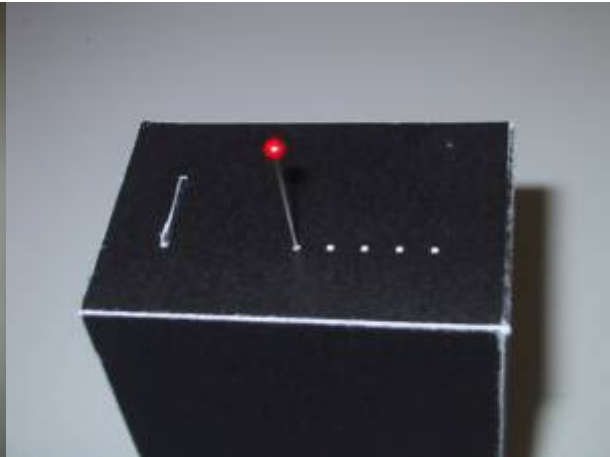


Abb. 13 Herstellung der Wellenlängenmarkierung

Die kleinen weißen Punkte auf der Seite des Spalts werden mit einer Stecknadel durchgestochen. Dies ist der Bereich, in dem später das Spektrum sichtbar wird. Die Punkte erscheinen dann hell und bilden Wellenlängenmarkierungen bei den Wellenlängen 400 – 800nm. (Die exakten Werte liegen bei 392nm, 485nm, 575nm, 661nm und 743nm)

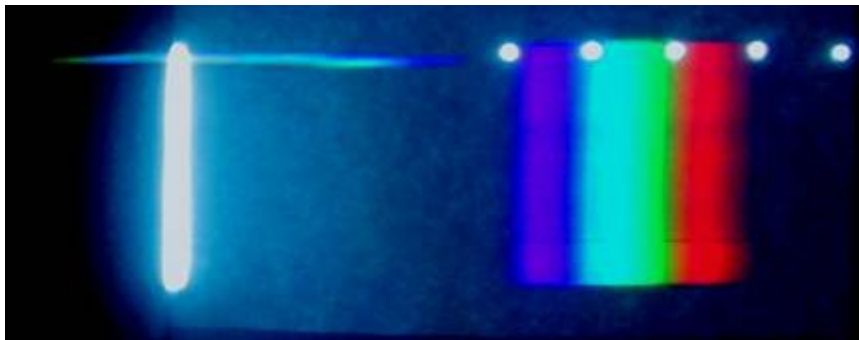


Abb. 14 Spektrum des Tageslichts

1.3 Kalibrieren des Spektroskops:

Um eventuelle Ungenauigkeiten beim Aufbau auszugleichen muss das Spektroskop anhand von bekannten Wellenlängen kalibriert werden. Am einfachsten gelingt dies mit Leuchtstoffröhren älterer Bauart⁹. Im Spektrum dieser Lampen sind drei Linien über zu erkennen, die aus dem kontinuierlichen Spektrum hervortreten.

⁹ Stephen Thompson; Chemtrek: small scale experiments for general chemistry ; prentice hall 1990

Diese Linien liegen bei violett 436nm, grün 546nm und gelb 580nm. Die Linie bei 580nm ist manchmal schlecht sichtbar und geht im kontinuierlichen Spektrum des Leuchtstoffs unter.

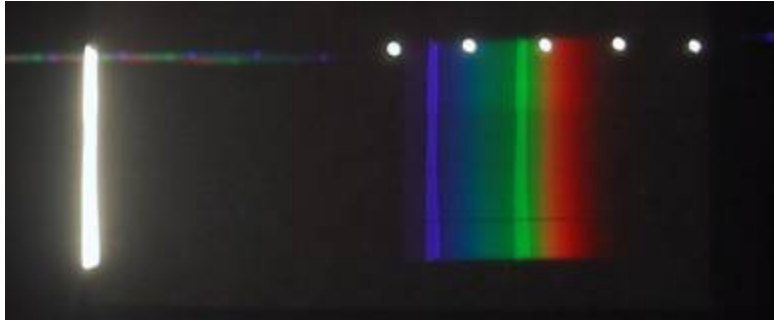


Abb. 15 Spektrum einer Leuchtstoffröhre älterer Bauart.

Modernere Leuchtstoffröhren haben in ihrem Spektrum eine weitaus größere Linienvielfalt, was zwar zu einer Verbesserung der Farbtreue des Lichts führt, aber sie als Referenz zur Kalibrierung weniger geeignet macht, wenn nicht die Wellenlängen der Spektrallinien bekannt sind. Die Hg Linien bei 436 und 546 nm sind jedoch fast immer sehr markant und gut sichtbar. Von mehreren Herstellern könne die Spektren der einzelnen Lampentypen allerdings im Internet gefunden werden.¹⁰

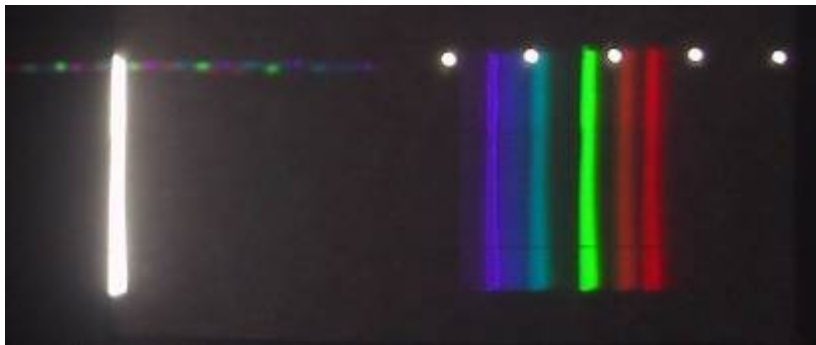


Abb. 16 Spektrum einer Leuchtstoffröhre modernerer Bauart

Alternativ kann auch z.B. die Na D Linie bei 589 nm zur Kalibrierung herangezogen werden.

Beobachtung der Spektrallinien im Schülerexperiment

Zur Beobachtung der Spektrallinien hat sich folgende Vorgangsweise bewährt:

Es sollte in einem verdunkelten Raum gearbeitet werden. Die Lichtstärke der Spektroskope ist nicht so groß, dass die Spektren bei hellem Tageslicht noch wahrgenommen werden können. Die Arbeit in Zweiertteams ist vorteilhaft. Einer/Eine beobachtet das Spektrum, der andere kümmert sich um die Erzeugung der Flammenfärbung. Die Schwierigkeit besteht darin, den Spalt auf die Flamme ausgerichtet zu halten und dann noch das Spektrum zu betrachten. Dabei sollte der Abstand zwischen Spektroskop und Flamme bei 10-20cm liegen. (Vorsicht Karton ist brennbar!) Für Ungeübte sind nur intensive Linien (z.B.: Na, Li) gut beobachtbar, mit etwas Übung können aber auch schwächere Linien beobachtet und vermessen werden.

¹⁰ http://www.osram.com/_global/pdf/Professional/General_Lighting/lumilux_e.pdf (12.7.2007)

Für die Erzeugung der Flammenfärbung hat es sich im Schülerversuch bewährt Platindrähte oder Magnesiastäbchen durch Edelstahldrähte zu ersetzen, die - mit Wäscheklammern gehalten - als Einmalartikel einzusetzen sind.

Wenn SchülerInnen selbst die Lösungen herstellen sollen, so ist Kontamination der Salze ein häufiges Problem. Ein schräg abgeschnittener Trinkhalm ergibt einen garantiert sauberen Spatel, der nach jeder Verwendung abgeschnitten wird und dadurch wieder garantiert sauber ist. Durch diese Maßnahme konnte eine drastische Verbesserung in diesem problematischen Bereich erreicht werden.

Da selten Chemiesäle vorhanden sind, in denen jeder Arbeitsplatz über einen eigenen Brenner verfügt, können auch Kartuschenbrenner eingesetzt werden, die in jedem Baumarkt für wenig Geld (ca. €15,-) erhältlich sind.



Abb. 17 praktischer Einsatz des Handspektroskops

Durch die eigene Anschauung im Schülerversuch kann so der Zusammenhang zwischen Farbe und Spektrallinien gut verdeutlicht werden. Auch eine Reihe anderer Aspekte lässt sich so erörtern. (z.B. woher kommt die fast überall auftretende Linie bei ca. 590 nm, welche Anwendungen sind denkbar ...)

Sollte aufgrund eines knappen Zeitbudgets oder aufgrund fehlender Ausstattung der Aufwand eines Schülerexperiments gescheut werden, so kann beispielsweise die Flammenfärbung im Demonstrationsversuch gezeigt werden und die Spektrallinien anhand des Spektrums einer Leuchtstoffröhre veranschaulicht werden.

Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen Farbe und Energie

Der Zusammenhang zwischen Wellenlänge des Lichts und Energie kann besonders direkt an LED's verschiedener Farbe beobachtet werden.

Ein Elektron überquert dabei eine Bandlücke und benötigt dafür eine bestimmte Spannung. Die dabei aufgewendete Energie wird in Form eines Photons abgegeben, das den Energiegehalt hat, den das Elektron zum Überqueren der Bandlücke benötigt. Kennt man die Ladung des Elektrons ($Q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$) und die Spannung, die zum Überqueren der Bandlücke benötigt wurde, so lässt sich nach

$$E = Q \cdot U$$

Die Energie des Photons berechnen.

Nach Planck gilt für diesen Energiebetrag:

$$E = h \cdot \nu$$

Es lässt sich daher durch Umformung Frequenz bzw. Wellenlänge des Photons berechnen. Umgekehrt lässt sich auch – wenn man Wellenlänge und Spannung misst der Wert des Planckschen Wirkungsquantums h mit geringem Aufwand und relativ hoher Genauigkeit messen.

$$\nu = c / \lambda \quad (c = 299792458 \text{ m/s})$$

$$h = Q \cdot U / \nu \quad (Q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As})$$

Dies wird in der Folge anhand einer RGB LED (kingbright LF 59)¹¹ illustriert. Diese LED hat 3 LED's eingebaut und wird zur Darstellung des gesamten Farbspektrums eingesetzt. Laut Datenblatt liegen die Wellenlängen der drei LED's bei 470nm(blau) 565nm (grün) und 660nm (rot). Die Nennspannungen liegen bei 3,9V (blau), 2,2V (grün) und 2,0V (rot)

Farbe	Nennspannung	Wellenlänge	h
Rot	2,0 V	660 nm	$7,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Grün	2,2 V	565 nm	$6,64 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Blau	3,9 V	470 nm	$9,79 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

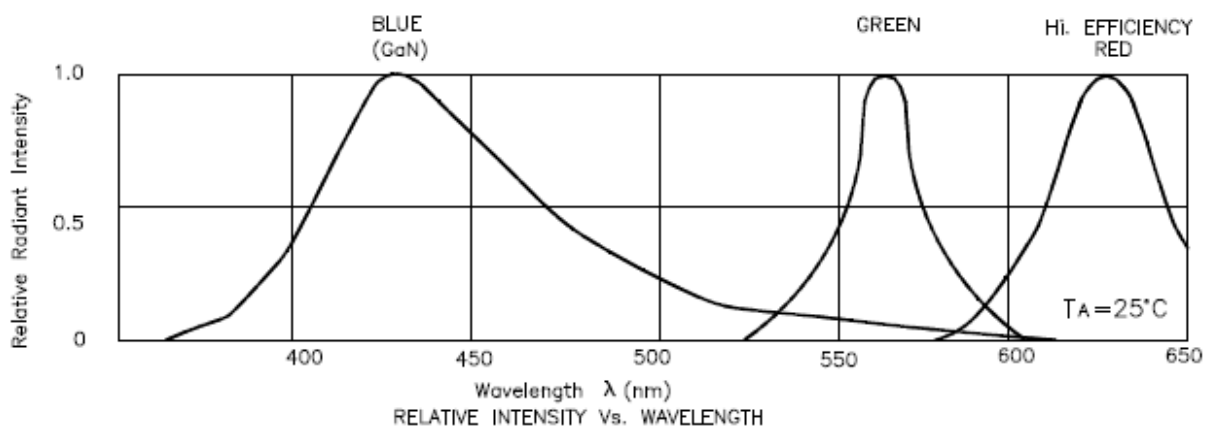


Abb. 18 Spektren der einzelnen Farben der RGB LED LF 59

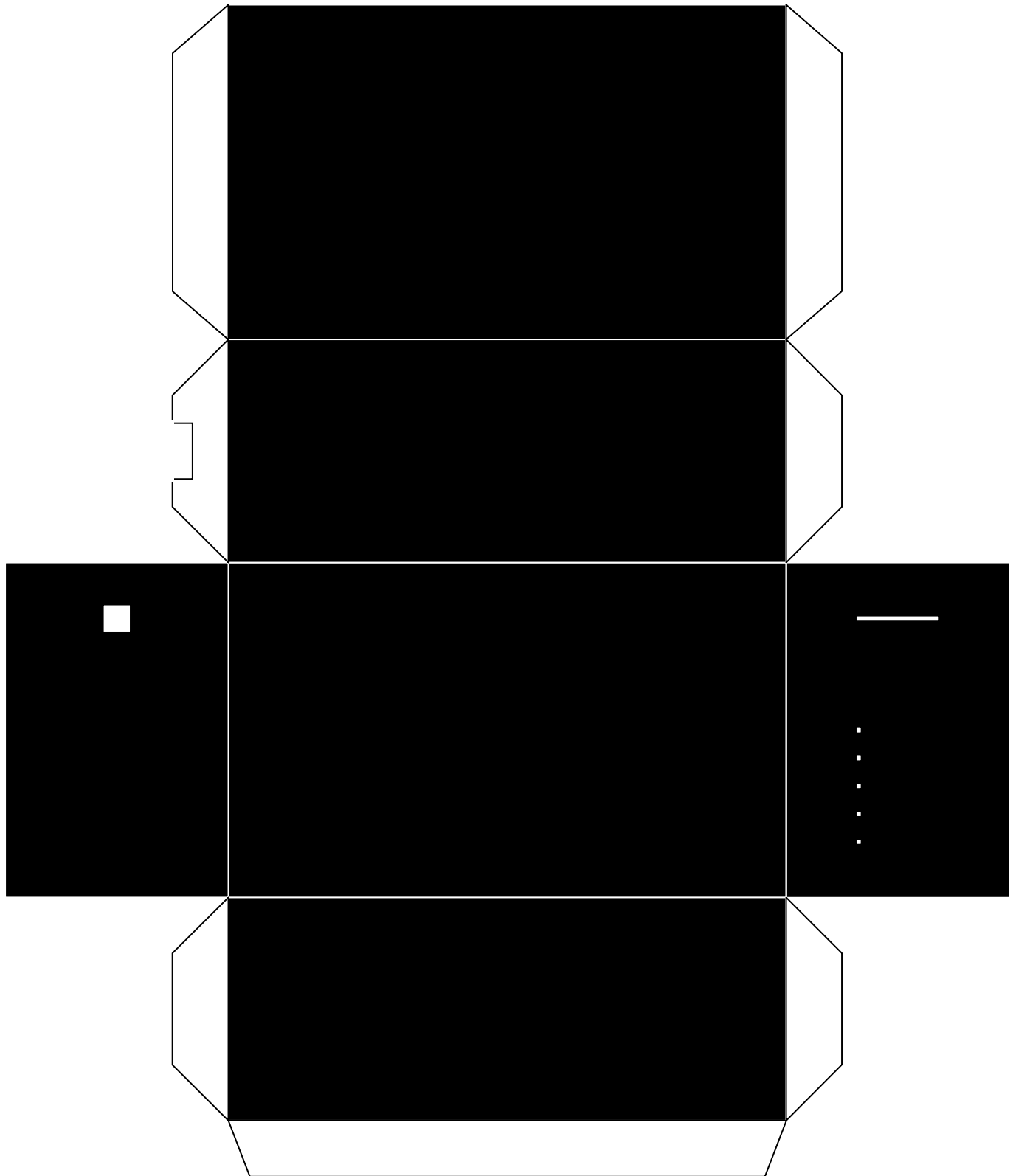
Dem Spektrum der drei LED's ist zu entnehmen, dass die Maxima der Wellenlängen nicht bei den im Datenblatt angegebenen Wellenlängen liegen. Es wird hier vielmehr der spektrale Schwerpunkt angegeben. Aufgrund der nicht wirklich ideal gegebene Monochromatizität lassen sich die verhältnismäßig geringen Abweichungen vom Literaturwert von h erklären. Ein gewisser Fehler ergibt sich auch aus der Verwendung der Nennspannung. Wie den Kennlinien der einzelnen LED's zu entnehmen fließt bereits deutlich unterhalb dieser Spannungen Strom. Auch das kann einen Teil der Abweichungen er-

¹¹

http://www2.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/175000-199999/185388-da-01-en-FULL_COLOR_RGB-LED_KLAR.pdf (12.7.2007)

klären. Letztendlich lässt sich aber hier qualitativ sehr gut der Zusammenhang zwischen Farbe und Energie darstellen.

Wünschenswert wäre es natürlich, wenn in Kooperation mit dem Physikunterricht die entsprechenden Themenbereiche parallel oder wenigstens in enger zeitlicher Nähe behandelt würden. Auf diese Art würde sich hier ein schöner Ansatzpunkt für einen Fächer übergreifenden Unterricht bieten.



7.3 Die Einweg Destillationsapparatur

Die Destillation als wesentliches und für die Chemie typisches Trennverfahren sollte mit Sicherheit ihren Platz in jedem Chemieunterricht finden. Die üblicherweise durchgeführte Destillation von z.B. Rotwein in einer klassischen Glasapparatur weist eine Reihe von Nachteilen auf. Sie ist nicht nur apparativ relativ aufwändig (dem Stand der Technik entsprechende Schliffapparaturen sind teuer), sie benötigt auch relativ viel Zeit und verläuft nicht gerade spektakulär. Wenn dann die Schüler/innen das Produkt nicht einmal kosten dürfen verschwindet jegliches Interesse.

Die Durchführung von Schülerexperimenten in diesem Bereich ist mit Glasapparaturen meist zu aufwändig und daher – wenn überhaupt – nur in größeren Gruppen durchführbar.

Es existiert eine Reihe von Ansätzen, um kleine kostengünstige Destillationsapparaturen zu entwickeln. Die so genannte Combo Still^{® 12} ist zwar kleiner und kostengünstiger als viele konventionelle Apparaturen, mit ca. 60 US\$ aber immer noch recht kostspielig. Die von Schwarz und El Marsafy konzipierten Apparaturen erscheinen interessant, die Beschaffung der Materialien ist jedoch mitunter problematisch¹³

Die von D.W. Brooks im Internet präsentierte Destillationsapparatur¹⁴ ist ein bestechend origineller Ansatz.

Die Destillationsapparatur wird aus Einwegpipetten aufgebaut, die mithilfe von Schere, heißem Draht und Heisskleber in die entsprechende Form gebracht werden. Für die Verbindung der Teile sorgt ein Y Schlauchverbinder.

Die Verwendung von PE als Material ermöglicht den Einsatz einer Reihe von organischen Stoffen und auch ein Erhitzen im Wasserbad ist möglich.

Beim Versuch des Nachbaus zeigen sich jedoch die Nachteile: Durch die Große Zahl von Teilen ist der Aufbau relativ kompliziert. Es ist relativ schwierig eine dichte Apparatur zu bekommen, die während des weiteren Experimentierens nicht zerfällt. Eine radikale Vereinfachung des Konzepts war daher notwendig.

Nach mehreren Versuchen kristallisierte sich das folgende Model als brauchbar heraus:

Es besteht aus zwei Einwegpipetten mit einem Füllvolumen von ca. 3ml und einem langen Hals und einer Wäscheklammer. Von einer Pipette wird der Hals abgeschnitten und ein weiteres Loch auf der anderen Seite mit einer Schere angebracht. Dieser Hohlkörper wird nun auf die zweite Pipette geschoben und mit Heisskleber fixiert. Er dient nun als Kühler und wird durch Eintauchen in Wasser und wiederholtes Zusammendrücken mit Wasser gefüllt.

Herstellung der Apparatur:

¹² http://wardsci.com/product.asp_Q_pn_E_IG0014842_A_Combo-Still&trade%3B zuletzt besucht am 16.1.07

¹³ www.microchem.de zuletzt besucht am 16.1.07

¹⁴ Chemmovies.unl.edu/chemistry/beckerdemos/BD049c.html zuletzt besucht am 16.1.2007

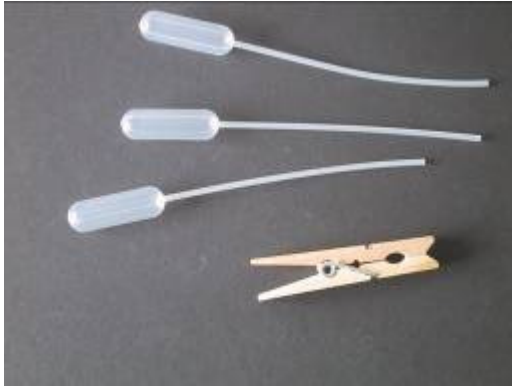


Abb. 1 Ausgangsmaterial

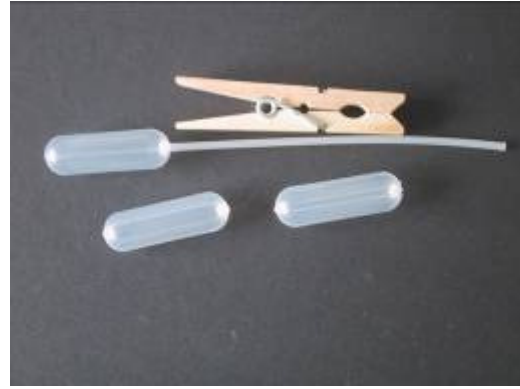


Abb. 2 Zurechtschneiden

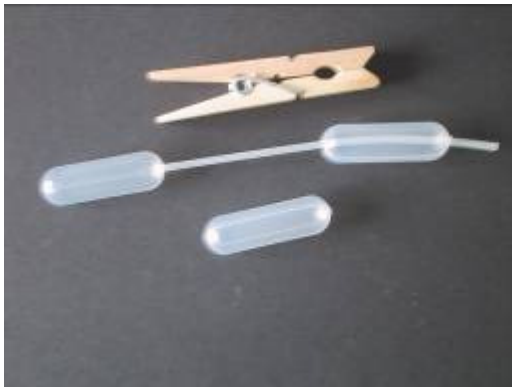


Abb. 3 Aufsetzen des Kühlers

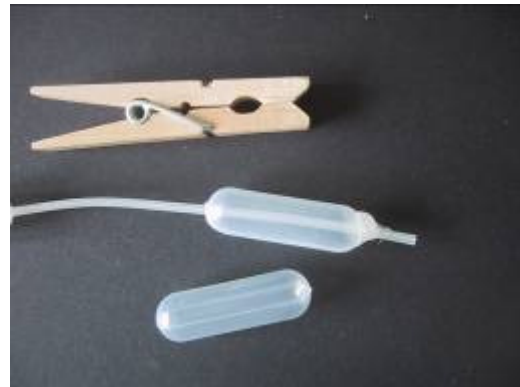


Abb 4 Verkleben mit Heißkleber



Abb. 5 Fertige Apparatur

Lässt man die Apparatur gerade, so kann der Kühler als Rückflusskühler eingesetzt werden. Wird der „Hals“ mit einer Wäscheklammer in Form gebracht, so erhält man eine Destillationsapparatur. Als Vorlage dient dabei eine weitere abgeschnittene Pipette.



Abb. 6,7 SchülerInnen beim Aufbau der Apparaturen

Im Schülerversuch sind die Apparaturen in etwa nach 10 min. einsatzbereit.

Im Gegensatz zu der Konstruktion von D.W. Brooks ist hier kein Siedesteinchen einsetzbar. (Man könnte mit einem heißen Nagel ein Loch in den „Kolben“ schmelzen und nach Zugabe des Siedesteinchens dieses Loch mit Heißkleber verschließen.) Nach den bisherigen Erfahrungen war allerdings der Einsatz von Siedesteinchen nicht notwendig.

Befüllt wird die Pipette durch Eintauchen in die zu destillierende Lösung, Zusammendrücken des Kolbens und Aufsaugen der Lösung. Man sollte die Apparatur dabei nur zu ca. 50% befüllen.

Der Vorteil dieser Konstruktion ist, dass im Rahmen des Unterrichts in einer Klasse innerhalb von 10 Minuten jeder Schüler/jede Schülerin eine eigene Apparatur herstellen kann und so wesentlich mehr Zeit für die eigentliche Arbeit bleibt. Ein weiterer Vorteil besteht in der Dichtheit der Apparatur und in ihrer Flexibilität im wahrsten Sinne des Wortes, die den Einsatz auch als Rückflussapparatur ermöglicht. So kann zum Beispiel bei einer Estersynthese zuerst unter Rückfluss erhitzt werden und dann der gebildete Ester abdestilliert werden.

Die Apparatur wurde im praktischen Einsatz an der Destillation von Alkohol erprobt.

Folgender Ablauf der Unterrichtseinheit (Doppelstunde) wurde gewählt:

Zu Beginn der Stunde wurde in einer Apparatur wie der folgenden wurde die alkoholische Gärung mittels Traubensaft und Trockenhefe in Gang gesetzt. Die entstehenden Gase wurden in Kalkwasser eingeleitet.

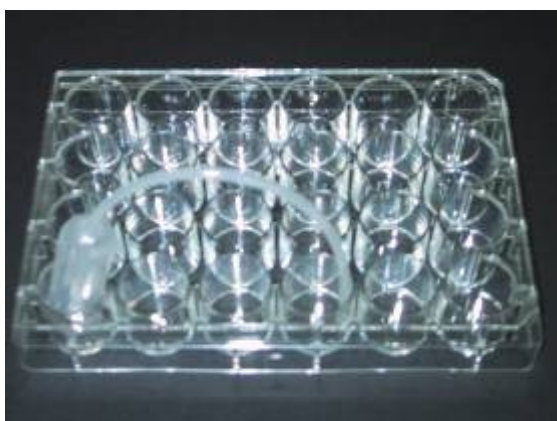


Abb. 8 Gaseinleitungsapparatur

Anschließend wurde mit der Anfertigung der Destillationsapparaturen begonnen.

Mit diesen Apparaturen wurde Inländer Rum (38%) destilliert. Dies hat zwei Gründe: Durch die Farbe lässt sich das Übergehen von Spritzern feststellen und der Alkoholgehalt bewirkt einen Siedebereich, in dem komfortabel mit einem Wasserbad gearbeitet werden kann.



Abb. 9/10 Destillationsapparaturen im Wasserbad/Abschätzung des Alkoholgehalts

Der Alkoholgehalt des Destillats wurde durch Eintropfen in Paraffinöl abgeschätzt. Paraffinöl hat die Dichte von ca. 70%igem Alkohol. Steigt der Tropfen auf, so ist die Konzentration höher, sinkt er, so ist sie niedriger. Aus der Steig bzw. Sinkgeschwindigkeit kann weiter differenziert werden.

Es ist sinnvoll dies anhand einer Verdünnungsreihe zu demonstrieren. Wichtig ist dabei, dass der Tropfen unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche abgesetzt wird. Die Pasteurpipetten mit ihrem langen Hals sind dafür hervorragend geeignet. Es kann also der Verlauf der Destillation ausreichend genau einfach und schnell verfolgt werden. Alternativ oder ergänzend dazu kann auch die Brennbarkeit einzelner Tropfen des Destillats untersucht werden.

Meist entsteht eine Art Wettbewerb um den höchsten Alkoholgehalt. Destillate können auch gesammelt werden und so ein weiteres Mal destilliert werden und so der Einfluss einer mehrfachen Destillation untersucht werden. Die Destillation kann ohne weiteres auch mehrere Male durchgeführt werden, da sie nur wenige Minuten in Anspruch nimmt. Wesentlich sind dabei erstens eine regelmäßige Erneuerung des Kühlwassers nach jedem Durchlauf und ein möglichst großer Abstand der Vorlagen zur Heizplatte, um ein Verdunsten der Destillate zu verhindern. Die geringen eingesetzten Mengen reduzieren auch das Risiko das der Alkohol nicht chemischen Zwecken zugeführt wird und man sich daher eher nicht um Schüler im Vollrausch kümmern muss.

Der verbliebene Rest der Stunde wurde neben der Beobachtung der in der Zwischenzeit voll in Gang gekommenen Gärung mit der Protokollierung und Diskussion der Beobachtung zugebracht. Am Ende blieb noch ausreichend Zeit für Aufräumen etc.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass diese Methodik gut geeignet ist, SchülerInnen mit nur minimalen Vorgaben selbst auf Entdeckungsreise zu schicken und sie zum Beispiel Varianten wie die mehrfache Destillation selbst entdecken zu lassen. In jedem Fall waren das Interesse und die aktive Beteiligung der SchülerInnen in jedem Fall größer als bei klassischen Demonstrationsexperimenten. Zusammen mit der Vermittlung des theoretischen Hintergrunds (nach Möglichkeit vorher) konnte auch ein verbessertes Behalten der Inhalte dokumentiert werden.